

虚拟现实技术在土木工程中的 应用研究

检索报告

姓名：_____ 谢德茂 _____
学号：_____ 14110862188 _____
院系：_____ 物理与电子信息工程学院 _____
专业：_____ 计算机应用技术 _____

1 检索需求分析

题“虚拟现实技术在土木工程中的应用研究”中包含两个专业术语，分别是“虚拟现实”、“土木工程”，去除题中的“技术”、“应用”和“研究”这三个意义宽泛的词，因此，本课题主要的研究内容包括虚拟现实和土木工程。“虚拟现实”和“土木工程”对我而言都是一个陌生的领域，有所耳闻，但没有深入了解。因此，拿到题目后经过分析考后打算分两个阶段来做。

第一个阶段是学习和了解“虚拟现实”和“土木工程”，先通过百度百科和维基百科进行快速学习，对这两个基本的概念形成自己的认识，对“虚拟现实”和“土木工程”有个基本了解；接着在知网搜索相关的综述进一步学习“虚拟现实”涉及的方法和应用。做这个阶段的目的是为了在第二个阶段合理选择检索词，以及检索到文献后可以通过阅读摘要判断是否符合需求。

第二个阶段是确定检索词和数据库，根据检索词在选定的数据库进行检索，整理文献，阅读文献，撰写检索报告和综述。

1.1 “虚拟现实”

首先是从百度百科中搜索“虚拟现实”，百科中有对“虚拟现实”概念、发展历史、特征、关键技术和应用的简略介绍，通过阅读这些内容可以在大脑中形成一个基本的概念，大概判断出虚拟现实是什么。

接着从知网中搜索几篇虚拟现实的综述进行阅读，对虚拟现实有个更加深入详细的了解，这里选择知网是因为学校购买了知网的数据库，比较容易获取到全文，另外也是习惯的原因。检索过程和结果如下：

数据库：中国知网

检索式：TI='虚拟现实'*'综述'，其中TI=提名，' '表示模糊检索，*表示逻辑与

检索结果：命中 39 条，选出其中 9 条，结果如表 1 所示。

表 1 虚拟现实综述检索结果

[1]赵沁平. 虚拟现实综述[J]. 中国科学 (F 辑:信息科学), 2009, v. 3901:2-46.
[2]巫影, 何琳, 黄映云, 朱海潮, 吕志强. 虚拟现实技术综述[J]. 计算机与数字工程, 2002, 03:41-44.
[3]李敏, 韩丰. 虚拟现实技术综述[J]. 软件导刊, 2010, v. 9;No. 9206:142-144.
[4]纪庆革, 潘志庚, 李祥晨. 虚拟现实在体育仿真中的应用综述[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 11:1333-1338+1457.
[5]陈雁飞, 马建民, 高丽. 虚拟现实技术综述[J]. 机械制造与自动化, 2004, 05:5-7+10.
[6]殷润民, 李伯虎, 柴旭东. 虚拟现实中的基于图像绘制技术综述[J]. 系统仿真学报, 2007, No. 15019:4353-4357+4362.
[7]周忠, 周颐, 肖江剑. 虚拟现实增强技术综述[J]. 中国科学:信息科学, 2015, v. 4502:157-180.
[8]郑轲. 虚拟现实关键技术及应用综述[J]. 通讯世界, 2016, No. 28906:258.
[9]刘秋月, 周敏, 张矛矛. 虚拟现实技术在足球中的应用综述[J]. 当代体育科技, 2014, v. 421:183-184.

通过阅读以上文献大体了解虚拟现实的现有研究, 对关键部分做笔记, 详细内容见综述。

虚拟拟现实英文名为: virtual reality, 简称 VR。在英文维基百科中搜索 virtual reality, 通过阅读搜索出来的内容熟悉 virtual reality 涉及到的英文专业词汇, 以便后期阅读英文文献。VR 中涉及的专业词汇如表 2 所示。

表 2 虚拟现实英文专业词汇

Virtual reality (VR)	虚拟现实
Immersive multimedia	沉浸式的多媒体
Computer-simulated	计算机模拟
Sensory exper, ience	感官体验
Virtual reality headset	虚拟现实头盔
Haptic system	触觉系统
Tactile information	触觉信息
Telepresence	临场感
Virtual artifact	虚拟制品
Wired glove	数据手套
omnidirectional treadmills	全方位踏步机
Head-mounted display	头戴显示器

1.2 “土木工程”

百度百科中对“土木工程”的解释: 土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称。属于一级学科, 下属六个二级学科, 分别是: 岩土工程、结构工程、市政工程、供热供燃气通风及空调工程、防灾减灾工程及防护工程、桥梁与隧道

工程，各个二级学科下又分不同的研究方向。土木工程各二级学科研究方向如表 3 所示。

表 3 土木工程二级学科研究方向

二级学科名称	研究方向
岩土工程	城市地下空间与地下工程、边坡与基坑工程、地基与基础工程
结构工程	钢筋混凝土、钢结构设计、预应力混凝土涉及、地震工程、建筑工程
市政工程	道路交通工程、河湖水系工程、地下管线工程、架空杆线工程、街道绿化工程
防灾减灾工程及防护工程	地下工程减灾防灾、线路系统防灾减灾工程与防护工程、岩土工程灾害预测与防治、大型结构抗风与抗震
供热、供燃气、通风及空调工程	空调技术中的热湿交换过程、建筑节能技术、空气洁净技术、室内空气品质控制与污染物控制、燃气供热与制冷、燃气输配与应用技术
桥梁与隧道工程	桥梁工程、隧道工程

因为国内和国外学科专业分类的不同，所以不能直接将中文学科名翻译成英文用于检索。土木工程英文名为“civil engineering”，在维基百科中搜索“civil engineering”，得到的结果是在 civil engineering 下的分支学科共 18 个，详细如表 4 所示。

表 4 civil engineering sub-disciplines

学科名称	中文译名
architectural engineering	建筑工程
environmental engineering	环境工程
geotechnical engineering	岩土工程
control engineering	控制工程
structural engineering	结构工程
earthquake engineering	地震工程
transportation engineering	交通工程
forensic engineering	鉴别工程
municipal or urban engineering	市政工程
water resources engineering	水利工程
materials engineering	材料工程
wastewater engineering	废水工程
offshore engineering	海洋工程
facade engineering	幕墙工程
quantity surveying	工料测量
coastal engineering	海岸工程
construction surveying	施工测量
Construction engineering	建筑工程学

做这部分工作的目的是希望可以全面的了解虚拟现实技术在土木工程中的应用，再接下来选取合适的检索词。

2 数据库及检索词的选取

2.1 数据库选取

从学校图书馆的馆藏资源中找到数据库浏览页面，上面罗列了我校购买的所有数据库，从中选取合适的数据库，所谓合适是指在里面可以检索到题目相关的文献。通过浏览各数据库简介，最终确定以下数据库进行检索。

表 5 检索数据库

数据库名称	访问方式
中国知网	www.cnki.net
超星发现系统	http://www.sslibrary.com
万方	http://192.168.7.50
IEEE	http://ieeexplore.ieee.org/
EI 工程索引	http://www.engineeringvillage.com
Elsevier ScienceDirect	http://www.sciencedirect.com/
Web of Science	http://www.webofknowledge.com
Springer Link	http://link.springer.com/

2.2 检索词选取

关键词的缺点是自由选词，而对同一事物的概念不同，作者选词也不尽相同，而且同义词、多义词、复合词，名词单、复数等，文献就会分散在不同关键词中，不能集中一处，同一概念，内容可完全不同，因此必然影响查准率、查全率。

去除选题中包含的无实质意义的词语，选出代表主题内容的词汇——“虚拟现实”和“土木工程”。每个关键词有同义词、缩写或相关词汇，针对每个关键词有相应的检索词，以下对 2 个关键词进行具体选词分析。

“虚拟现实”检索词选取。英文“virtual reality”，简称 VR，又叫做“灵境技术”，但是“灵境技术”是很早的名称，现在基本都叫“虚拟现实”。因此这里选取的检索词 2 个，“虚拟现实”和“VR”。英文检索词选取为“virtual reality”和 VR。

“土木工程”检索词选取。据表 3 知“土木工程”是一个一级学科，下面挂六个二级学科，为了全面研究虚拟现实技术在土木工程中的应用，对每个二级学科也要进行检索，并且加入各二级学科的研究方向。为方便研究，将各个学科检索词组合成一个检索式，形成总共 7 个检索式，详见表 6 检索式。由于时间关系不能对英文的所有内容进行研究，英文检索词只选择一个“civil engineering”。

表 6 检索式

检索式代号	检索式
A	(虚拟现实+VR) * (土木工程)
B	(虚拟现实+VR) * (岩土工程+城市与地下空间+地下工程+边坡基坑+地基与基础)
C	(虚拟现实+VR) * (结构工程+地震工程+钢筋混凝土+建筑工程)
D	(虚拟现实+VR) * (市政工程+道路交通工程+地下管线工程+架空杆线工程+街道绿化工程)
E	(虚拟现实+VR) * (防灾减灾工程及防护工程+防灾减灾)
F	(虚拟现实+VR) * (桥梁工程+隧道工程)
G	(虚拟现实+VR) * (供热+供燃气+工业通风+空调工程)

注：*表示逻辑与，+表示逻辑或，() 优先级更高

表 6 中土木工程相关检索词的选取与表 3 中二级学科及其研究方向有些不同，考虑到有些文献中可能不会直接使用研究方向的词汇，比如包含“工程”的词通过去掉“工程”来提高检索量。表 6 所示的检索式只是用来方便表述，不同数据库使用的检索式会有所不同，具体参看各数据库检索式实例教程。

英文检索式选为：“virtual reality” OR “VR” AND “civil engineering”，因为时间关系，英文的检索词没有像中文检索词包含其下各子学科，如果真正自己研究必然是要加上所有子学科的。

3 检索过程描述

使用表 6 的检索式用于表 5 选好的数据库，从检索结果中选取合适的文献，将中文文献导入 NoteFirst 中，英文文献导入 Mendeley，其中 NoteFirst 是一款专业的知识管理软件，提供文献、笔记、知识卡片、实验记录等资源的便捷管理，文献订阅，参考文献自动生成；Mendeley 是一款免费的跨平台文献管理软件，同时支持文献存储和共享空间。很多英文数据库不支持 NoteFirst 的文献导出，所以使用 Mendeley 对英文文献进行管理，而 Mendeley 对中文文献支持较差，两种文献管理软件协作使用可以提高文献收集效率。由于各个数据库中找出的文献可能会有重复，将文献导入 NoteFirst 时软件会自动识别重复的文献并删除重复，因此接下来每个小节只列出不同检索式在相应数据库检索到的文献数量以及文献选取结果，详细文献内容可查看参考文献。

3.1 知网

检索方式：专业检索

检索字段：主题检索

检索式：

A1: SU=(“虚拟现实”+“VR”)*(“土木工程”)

B1: SU=(“虚拟现实”+“VR”)*(“岩土工程”+“城市与地下空间”+“地下工程”+“边坡基坑”+“地基与基础”)

C1: SU=(“虚拟现实”+“VR”)*(“结构工程”+“地震工程”+“钢筋混凝土”+“建筑工程”)

D1: SU=(“虚拟现实”+“VR”)*(“市政工程”+“道路交通工程”+“地下管线工程”+“架空杆线工程”+“街道绿化工程”)

E1: SU=(“虚拟现实”+“VR”)*(“防灾减灾及防护工程”+“防灾减灾”)

F1: SU=(“虚拟现实”+“VR”)*(“桥梁工程”+“隧道工程”)

G1: SU=(“虚拟现实”+“VR”)*(“供热”+“供燃气”+“工业通风”+“空调工程”+“地基与基础”)

其中 SU 表示主题检索，包括标题、关键词、摘要。

检索年限：2006-2016

检索结果：

表 7 知网检索结果

检索式	检索到文献数	选取文献数
A1	43	21
B1	24	9
C1	11	6
D1	5	1
E1	23	4
F1	21	5
G1	4	1

使用知网的分析工具对选取的文献进行分析，得到文献互引图和机构分布图，如图 1、图 2 所示。

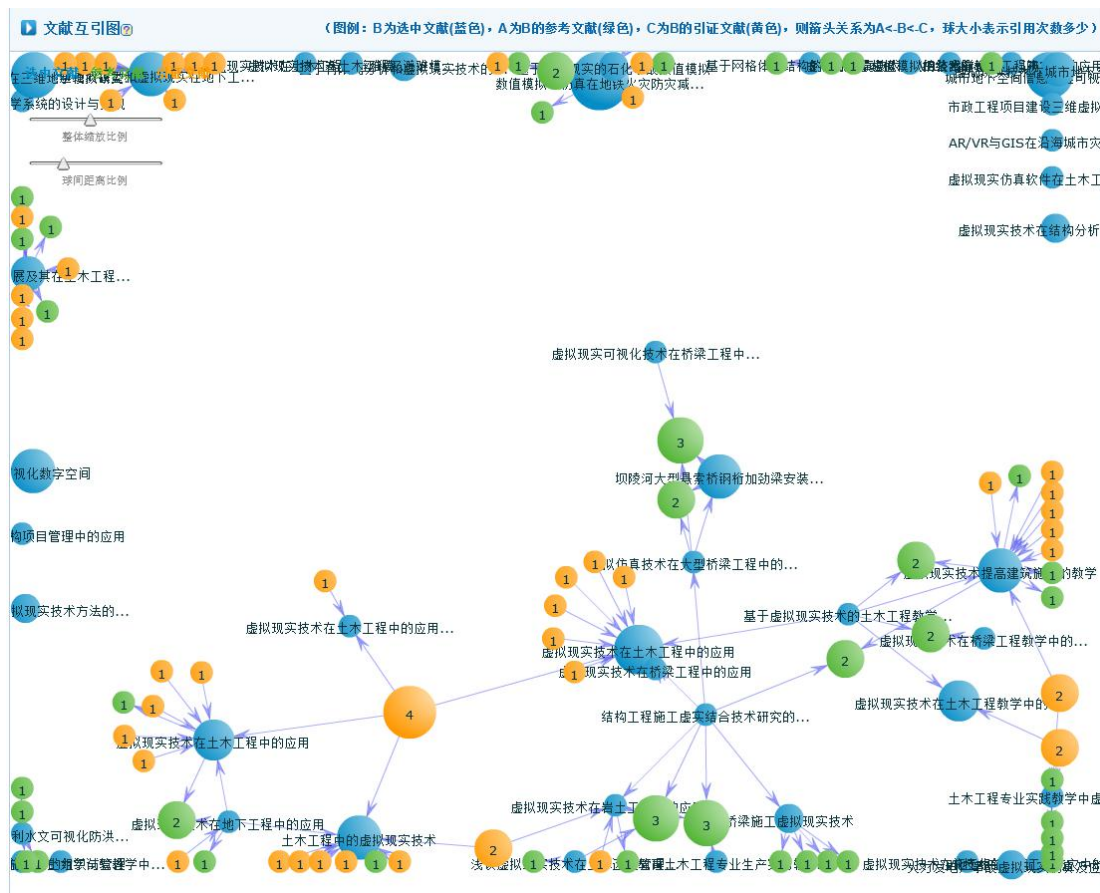


图 1 知网文献互引图

机构分布

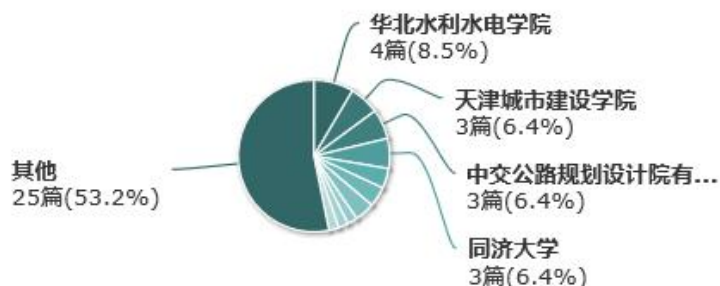


图 2 机构分布图

图 1 中蓝色球为选中文献，绿色是选中文献的参考文献，黄色是选中文献的引证文献，球大小表示引用次数多少。通过图 1 可以看出，文献[1]、[2]、[4]、[5]、[19]、[21]、[23]引用频次较高，对这些文献进行重点阅读。从图 2 可以知道，华北水利水电学院、天津城市建设学院、同济大学、中交公路规划设计院有限公司对虚拟现实在土木工程中的引用研究较多，这 4 个机构在近十年总共贡献 13 篇文献。

从知网导出 RefWorks 的文本文档，使用 CiteSpace 对它进行分析，CiteSpace 是美国德雷塞尔大学信息科学与技术学院陈超美博士与大连理工大学 WISE 实验室联合开发的科学文献分析工具，能够可视化一个学科或知识域在一定时期的趋势和动向。前面已经对机构分布和文献互引进行了分析，接下来对作者进行分析，分析结果见图 4。

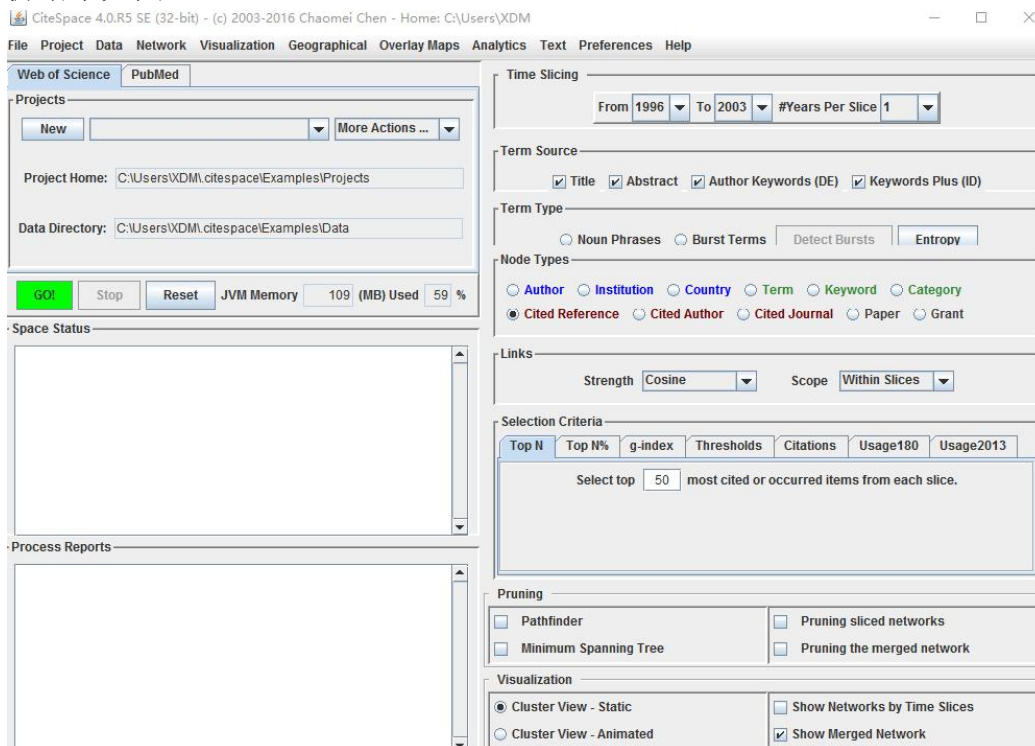


图 3 CiteSpace 软件界面图

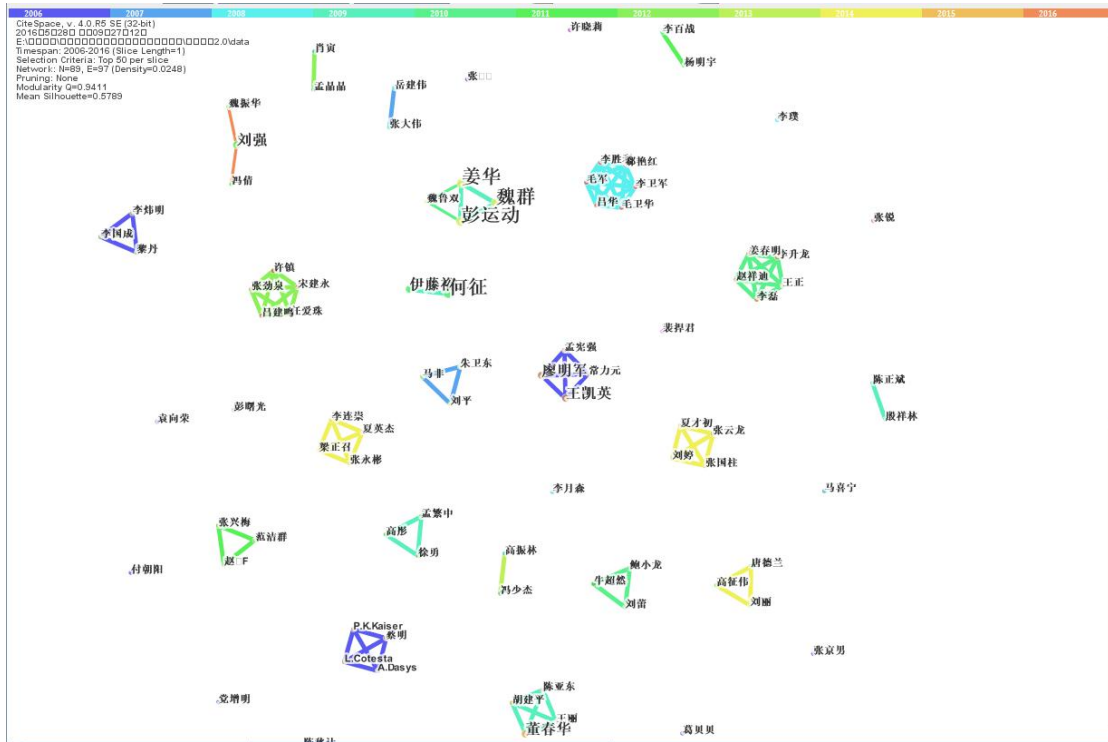


图 4 文献作者合作模式

图 4 中字体越大表示文献数量越多，从图中可以看出姜华、魏群、彭运动、伊藤裕二和何征，这几位专家在这一领域的研究较多。

3.2 超星发现系统

检索方式：专业检索

检索式：

A2: Su= ("虚拟现实" | "VR") * "土木工程"

B2: Su= ("虚拟现实" | "VR") * ("城市地下空间" | "岩土工程" | "地下工程" | "边坡基坑" | "地基与基础")

C2: Su= ("虚拟现实" | "VR") * ("结构工程" | "地震工程")

D2: Su= ("虚拟现实" | "VR") * ("市政工程" | "道路与交通工程" | "河湖水系工程" | "地下管线工程" | "架空杆线工程" | "街道绿化工程")

E2: Su= ("虚拟现实" | "VR") * ("防灾减灾" | "防灾减灾及防护工程")

F2: Su= ("虚拟现实" | "VR") * ("桥梁工程" | "隧道工程")

G2: Su= ("虚拟现实" | "VR") * ("供热" | "供暖气" | "工业通风" | "空调工程")

Su 同知网为主题检索

检索年限：2006-2016

检索结果：

表 8 超星检索结果

检索式	检索到文献数	选取文献数
A2	75	34
B2	34	10
C2	26	9
D2	6	1
E2	36	5
F2	32	8
G2	4	1

超星发现系统检索到的文献数量明显比知网的数量更多,但是仔细看会发现里面夹杂了很多报纸、科技成果等内容,最终这些内容都被去掉。最终选取的文献数量比知网多一点,但多出来的有许多是硕士论文。

3.3 万方数据库

检索方式: 高级检索

检索字段: 标题、关键词、摘要

检索词: 按照表 6 所给检索式进行检索。

检索结果:

表 9 万方检索结果

检索式	检索到文献数	选取文献数
A	64	11
B	17	5
C	22	5
D	1	0
E	9	1
F	23	5
G	8	2

3.4 外文数据库

检索方式: Advance search (高级检索)

检索字段: title

检索式: (“virtual reality” OR “VR”) AND “civil engineering”
各数据库检索结果列于表 10。

表 10 外文检索结果

数据库	检索到文献数	选取文献数
IEEE	25	7
Springer Link	7	2
EI 工程索引	17	8
Web of Science	5	1
ScienceDirect	7	1

这里选取的英文文献共 19 篇，去除重复文献后得到 17 篇文献，详细见英文参考文献。最终可以获取到全文的文献共 11 篇，将全文导入 Mendeley，如图 3 所示。

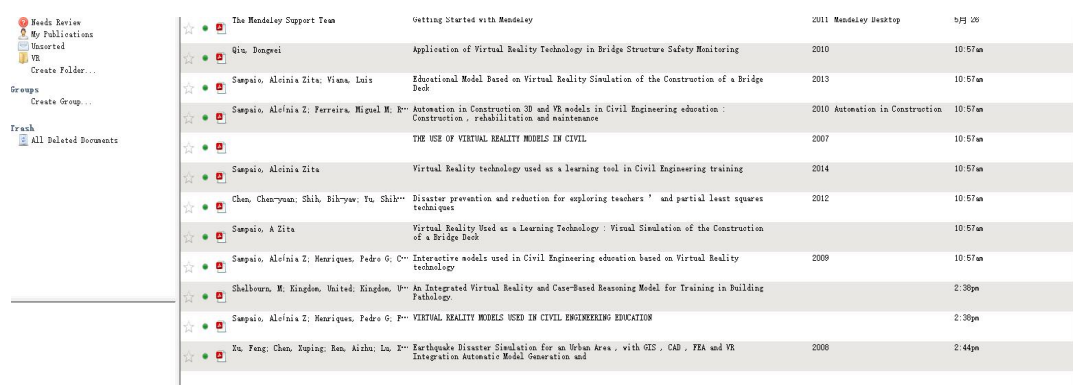


图 3 Mendeley 英文文献

从图 3 可以知道，葡萄牙里斯本理工大学的 A. Zita Sampaio 等近年在这一课题研究甚多，从 2008 年到 2014 年贡献了 6 篇文献。

4 检索结果分析

将检索到的文献全部导入 NoteFirst，去除重复文献，再进一步剔除相关性低的文献，最后得到共 69 篇文献，如图 5 所示为将文献导入 NoteFirst 后进行分类后的文件夹和所有中文文献，详细内容见参考文献。其中 52 篇中文文献，17 篇英文文献。中文文献中土木工程综述占 10 篇，应用于岩土工程 5 篇，结构工程 15 篇，市政工程 5 篇，防灾减灾 2 篇，桥梁与隧道工程 4 篇，供热供燃气通风及空调工程 4 篇，土木工程教学 4 篇，其他 3 篇；英文文献的检索词未进行学科分类检索，因此只针对检索到的文献进行分析，其中土木工程综述有 4 篇，土木工程教学 8 篇，其他 5 篇。



图 5 NoteFirst 文献管理图

5 虚拟现实技术在土木工程中的应用综述

摘要：虚拟现实技术是一门综合性信息技术。它在土木工程中的应用，主要表现在成果演示和验证、工程施工技术及工程安全管理、工程规划与设计、可视化计算、土木工程实践教学等五个方面。

关键词：虚拟现实技术 土木工程 应用

0 引言

虚拟现实技术是一项集成性极强的高新信息技术，在军事、医学、涉及、艺术、娱乐等多个领域得到了广泛的应用。土木工程中的虚拟现实技术设计土木工程领域的各个学科，已显示出一定的实用性，技术潜力十分巨大，应用前景非常广阔^[2]。

1 虚拟现实技术及其特点

虚拟现实是采用以计算机技术为核心的现代高科技手段生成逼真的视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉于一体的虚拟环境，用户从自己的视点出发，借助特殊的输入输出设备，采用自然的方式与虚拟世界的物体进行交互作用、相互影响，可以产生亲临对应真是环境的感受和体验。虚拟现实技术具备以下三个方面的特性。

1.1 沉浸性

虚拟现实技术是根据人类的视觉、听觉的生理心理特点，由计算机产生逼真的三维立体图像，使用者戴上头盔显示器和数据手套等交互设备，便可将自己置身于虚拟环境中，成为虚拟环境中的一员。使用者与虚拟环境中的各种对象的相互作用，就如同在现实世界中的一样，一切感觉都是那么逼真，有一种身临其境的感觉。

1.2 交互性

虚拟现实系统中的人机交互是一种近乎自然的交互，使用者不仅可以利用计算机键盘、鼠标进行交互，而且能够通过特殊头盔、数据手套等传感设备进行交互。使用者通过自身的语言、身体动作等自然技能，就能对虚拟环境中的对象进行考察或操作。

1.3 多感知性

由于虚拟现实系统中装有视、听、触、动觉的传感及反应装置，因此，使用者在虚拟环境中可获得视觉、听觉、触觉、动觉等多种感知，从而达到身临其境的感受。

2 虚拟现实在土木工程中的应用

由于以上的优势特征，虚拟现实技术在土木工程中得到了广泛的应用，并且具有广阔的前景。现阶段，虚拟现实在土木工程中的应用主要有以下几个方面。

2.1 成果演示和验证

大型公共建筑项目或重要建筑、城市规划、城市交通规划设计方案等都需要先期演示、验证。利用虚拟现实的先期演示和论证,可模拟以真实的角度甚至任意角度去观察新技术的预演,避免风险,提高成功率,同时也节省了不必要的浪费。文献[6]提出使用 VR 技术进行防灾仿真模拟,绘制了整合型城市放在流程图,建立 VR 技术与其他专业分析结合应用的模式与方法,并给出“青岛胶州湾隧道避难模拟”实例呈现 VR 技术的仿真效果,结果表明 VR 技术与其他专业软件结合应用于土木工程防灾中直观地展现灾害风险的发生过程及受灾群众的疏散过程,为决策者做出预防决策提供科学依据。

2.2 工程规划与设计

规划辅助表现集成系统,例如表现景观系统、交通规划系统等能够让用户产生一种身临其境——“人在画中游”的感觉,这种身临其境的感觉正是虚拟现实技术能够解决的问题。

沉浸感和交互性是虚拟现实系统最关键的两个特点,这两个特点充分反映了土木工程方案设计在人机交互的基本特征,它们充分反映了设计者的主导作用。在虚拟现实的虚拟环境中,设计人员可以对方案的参数进行优化和动态分析,并根据动态分析的结果在人机交互的可视化环境中对方案进行修改。文献[3]提出基于虚拟现实的岩土工程方案设计方法,使设计人员的经验和科学计算结合在一起,不仅能利用信息技术的最新成果,还能充分发挥设计人员的想象力和创造力,并能在虚拟环境中对工程技术人员进行培训,确保岩土工程施工高效地进行。000 年东南大学的姜慧娟、张辉针对供热系统涉及与模拟无法同步的问题,提出基于 VR 技术的设计方法将设计与模拟进行统一,对供热系统虚拟现实的描述、构成供热系统的基本单元定义、单元模型及模型库的建立、单元模型构造系统的方法、工程数据库和虚拟现实场景的构造等问题进行研究^[48]。劳伦森大学的蔡明提出共通地质模型和虚拟现实用于地下工程规划与设计的新方法,该方法是把虚拟现实实验室作为地下工程规划与设计遇到的数据综合和解释的环境和设备,并通过深层探矿调查及大型矿山规划与设计的例子进行展示,该方法可用于数据融合、知识传授、技术纠纷的解决、项目小组合作等,提供数据用于做出高质量的决策。

2.3 工程施工技术及工程安全管理

土木建筑工程在施工控制和管理是复杂的、动态的、集成的,它贯穿于每一个工程项目的全生命周期,尤其是现代的大型工程项目,具有长期长、工程量大的特点,设计工种协调、大量资金和材料调度以及施工机械、设备的管理。工程的进度、质量、成本、合同以及信息的管理如何才能有效实现,一般的工程经验和横道图、平面布置图很难达到要求^[36]。4D 项目管理信息系统有效地整合了整个工程项目的信息并加以集成化,实现了施工管理和控制的信息化、集成化、可视化和智能化。所谓 4D 模型是在建筑 CAD 三维模型的基础上附加时间成本的因素,不仅是一种可视的没接,还能使用户看到物种变化过程的图形模拟,对整个形象变化过程进行优化和控制,这样有利于保障现场作业安全,按时间模拟施工进度,可以对工期进行比较精确的计算和控制,有助于人、材、物的统筹和调度,实现了对建筑施工的交互式可视化和信息化管理。

虚拟现实技术在这一方面的应用研究报道较多。文献[33]针对钢结构工程的项目管理,以钢构件为基本流转单元,以节点信息模型为数据处理对象,应用包括三维仿真、虚拟现实等多种信息技术创建了一个信息管理系统,能实现钢构件节点的状态跟踪与事后追溯,工程进度的动态模拟等功能,为整个工程的系统化运作创造一个工作协同的数字化集成平台。文献[16]将 VR 技术用于大型钢结构

桥梁设计,研发出一个 VB-VRP 操作系统,所设计的 VB-VRP 平台可用于确定合理可行的施工方案,如桥梁施工方案的选择和优化、施工技术的革新和新技术的引入。文献[43]引入 VR 到隧道病害管理中,使用 Creator 及 Vega 作为三维仿真平台,开发出一套公路隧道可视化管理系统,该系统通过鼠标和键盘就可突破时间和空间的限制,直观方便地查看隧道病害空间分布。

2.4 可视化计算

可视化计算将是今后一个重要的发展方向。在科研中,人们会遇到大量数据,为从中得出有价值的规律和结论,需要对庞大的数据量进行认真分析。对科学计算取得的数据进行可视化加工或三维图形显示,可通过交互改变参数来观察计算结果的全貌及其变化,实现参数化及可视化计算。

虚拟现实在可视化计算方面的应用集中在结构分析中,工程设计人员进行结果内力分析和构件截面设计时经常会用到结构分析和设计软件,应用基于真实感的三维图形的虚拟现实技术可以使设计者的思维更加形象化,概念更易于理解,如运用有限元法进行结构分析时,利用虚拟现实技术则可以通过颜色的深浅给出三维物体中各点力的大小,用不同亚瑟表示出不同的等力面;也可以任意变换角度,从任何点去观察,以便各种方案及结果进行比较^[45]。

2.5 土木工程教育

土木工程是一门传统的学科,目前的教育体系主要是理论与实践相结合的培养模式,目的是借助理论联系实践,令学生掌握基本的专业知识,具备基本的专业技能。这种模式毋庸置疑,但是具体环节仍存在理论教学难点解析不透、知识结构有待整合,实践教学资源紧缺、限制性较强,教学模式缺乏生动性、自主性和创新性等问题,导致无法达到预期的目标,教学效果不佳。在土木工程教学领域,目前虚拟现实技术在教育领域的应用主要有科技研究、虚拟学习环境、虚拟实验、虚拟仿真校园、虚拟实训基地等,取得了较好效果。

将虚拟现实技术应用于土木工程专业的教学具有以下三个方面的优势:

(1) 弥补实践教学条件的不足

通过计算机上建立虚拟仪器设备、虚拟实验室、虚拟实训基地,就可以模拟实验和实习环境,获取与现实世界的实践教学一样的效果。其费用低,教学效果好,并可实现网络教学。

(2) 可进行操作复杂、费用高或危险性大、周期长的实践教学

(3) 突破时空的限制,可实现反复的、无障碍的情境式实践教学

(4) 可方便地进行实践教学条件的更新和升级

虚拟现实在土木工程专业上的应用主要集中在虚拟仪器、虚拟实验、虚拟实训基地和虚拟实习教室、虚拟车间这三个方面,国内外对这方面的研究较多。如 2014 年大连理工大学的李连崇[32]等提出了虚拟现实与数值模拟技术相结合的教学平台,并结合深部井巷工程介绍了该平台在教学实践中的应用,经过实践表明,该平台的教学方法改造提升了传统的教学模式,学生在安全的虚拟环境中学习、感知实际工程,激发学生的学习兴趣,培养学生实际动手能力和创新思维能力,提高了学生对真实环境中实际工程问题的处理能力。2010 年 Alcínia Z. Sampaio^[64]综述了 3D 和虚拟现实模型在土木工程教育应用,他认为使用虚拟现实用于土木工程的职业训练可以帮助学生更好的交流、更好的进行专业实践。

3 总结

随着土木工程的发展，虚拟现实技术在土木建筑设计、施工管理、实践教学等方面的研究越来越广泛。虽然目前虚拟现实技术的应用尚存在很多问题需要解决和完善，但是其在土木工程中应用的广阔前景毋庸置疑。

6 个人总结

抱着学习的心态参加了这个搜索大赛，就是想体验一下如何自己一个人认真研究一个陌生的课题，从概念的学习到文献检索、阅读、写综述，一步一步认真的做下去。中间走了许多弯路，没有系统性的规划，也是经验不足所致。通过十天的学习，学习到了很多。

1、数据库的使用。以往只会用知网、万方、谷歌、百度，找到的文献质量、相关性都不高，现在也学会了从图书馆找相关的数据库。

2、检索式的使用。我习惯于直接在搜索栏里直接输入关键字进行检索，现在学会了使用检索式，能够使用检索式的逻辑运算来找查找多个关键词，搜出的文献相关性比以往高出许多。

3、文献管理。学习使用 NoteFirst 文献管理软件的使用，更加高效、便捷的管理文献，不再像以往一堆文献杂乱的放在一起，需要时找也找不到。

不足之处：

检索式的使用太单一，只有简单的三个关键词的逻辑组合，没有限制文献时间和数据库。全文获取能力有待提高，最后检索定下的文献是 66 篇，但是实际有全文的只有不到 50 篇。

最后，感谢温大图书馆举办这次比赛，非常有意义，可以让学生学到很多，当然，学习是第一位，比赛第二，学习到的知识是这次比赛的最大奖励。

参考文献

- [1] 廖明军, 常力元, 王凯英, 孟宪强. 虚拟现实技术在土木工程中的应用[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2006, 06:567-569.
- [2] 李璞. 虚拟现实技术在土木工程中的应用[J]. 武汉工业学院学报, 2006, 01:88-90.
- [3] 李国成, 黎丹, 李炜明. 虚拟现实技术在岩土工程中的应用简述[J]. 建筑技术, 2006, 03:209-211.
- [4] 蔡明, P. K. Kaiser, L. Cotesta, A. Dasys. 共通地质模型和虚拟现实在地下工程规划与设计中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 06:1182-1189.

- [5] 裴捍君. 土木工程中的虚拟现实技术[J]. 中国水运(学术版), 2006, 11:75-76.
- [6] 魏振华, 刘强. VR技术在土木工程防灾中的应用[J]. 工程管理学报, 2016, 02:1-5.
- [7] 魏群, 姜华, 彭运动. 虚拟现实可视化技术在桥梁工程中的开发与应用[A]. 中国建筑金属结构协会建筑钢结构委员会. 2009年全国建筑钢结构行业大会论文集[C]. 中国建筑金属结构协会建筑钢结构委员会:, 2009:7.
- [8] 何征, 伊藤裕二. 虚拟现实仿真软件在土木工程中的应用[A]. 中国土木工程学会计算机应用分会、中国工程图学学会土木工程图学分会、中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会. 工程三维模型与虚拟现实表现——第二届工程建设计算机应用创新论坛论文集[C]. 中国土木工程学会计算机应用分会、中国工程图学学会土木工程图学分会、中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会:, 2009:6.
- [9] 魏群. 钢结构工程的虚拟现实技术方法的研究及应用[A]. 中国钢结构协会. 中国钢结构协会四届四次理事会暨2006年全国钢结构学术年会论文集[C]. 中国钢结构协会:, 2006:5.
- [10] 何征. 虚拟现实技术在土木工程及避难模拟中的应用及程序化[A]. 中国土木工程学会计算机应用分会、中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会、浙江省土木建筑学会. 第十四届全国工程设计计算机应用学术会议大会报告文集[C]. 中国土木工程学会计算机应用分会、中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会、浙江省土木建筑学会:, 2008:6.
- [11] 何征, 伊藤裕二. 虚拟现实技术在土木工程及避难模拟中的应用与程序实现[A]. 中国土木工程学会计算机应用分会、中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会、浙江省土木建筑学会. 第十四届全国工程设计计算机应用学术会议论文集[C]. 中国土木工程学会计算机应用分会、中国建筑学会建筑结构分会计算机应用专业委员会、浙江省土木建筑学会:, 2008:6.
- [12] 姜华, 魏群, 彭运动. 坝陵河大型悬索桥钢桁加劲梁安装施工新技术[J]. 华北水利水电学院学报, 2010, 01:37-40.
- [13] 刘蕾, 鲍小龙, 牛超然. 虚拟现实技术在桥梁工程中的应用[J]. 市政技术, 2010, 03:79-81.
- [14] 李磊, 李升龙, 赵祥迪, 王正, 姜春明. 基于虚拟现实的石化事故数值模拟[J]. 广州化工, 2010, 08:312-314.
- [15] 王凯英, 廖明军. 虚拟现实技术在土木工程教学中的应用探讨[J]. 中国现代教育装备, 2010, 21:72-73.
- [16] 魏鲁双, 姜华, 彭运动. 虚拟仿真技术在大型桥梁工程中的应用[J]. 华北水利水电学院学报, 2010, 05:16-20.
- [17] 李月森. 浅谈虚拟现实技术在土木工程管理中的运用[J]. 魅力中国, 2009, 18:57.
- [18] 彭曙光. 土木工程专业实践教学中虚拟现实技术的应用[J]. 新课程(教育学术版), 2009, 11:77.
- [19] 岳建伟, 张大伟. 虚拟现实技术提高建筑施工的教学[J]. 科技资讯, 2007, 10:239-240.
- [20] 马非, 朱卫东, 刘平. 虚拟现实技术在土木工程中的应用与探索[J]. 四川建筑, 2007, 05:66-68.

- [21]陈秋计. 三维 GIS 最新进展及其在土木工程中的应用[J]. 采矿技术, 2008, 03:112-114.
- [22]董轶男. 虚拟现实技术在地下工程中的应用[J]. 四川建筑, 2008, 02:49-50.
- [23]毛军, 郝艳红, 吕华, 毛卫华, 李卫军, 李胜利. 数值模拟与仿真在地铁火灾防灾减灾中的应用[J]. 北京交通大学学报, 2008, 04:52-57.
- [24]张墨. 基于 VR 技术的水利水文可视化防洪预警系统的研究[J]. 福建电脑, 2008, 11:113+116.
- [25]冯少杰, 高振林. 虚拟试验技术在土力学试验教学中的应用[J]. 教育教学论坛, 2013, 03:73-74.
- [26]张锐. 基于虚拟现实技术的土木工程教学改革与探索[J]. 山西建筑, 2013, 27:231-233.
- [27]许晓莉. 房屋建筑虚拟教学系统的设计与实现[D]. 四川师范大学, 2011.
- [28]范洁群, 赵旻, 张兴梅. 远程教育土木工程专业生产实习辅助系统开发研究[J]. 重庆广播电视大学学报, 2011, 02:3-7.
- [29]杨明宇, 李百战. 三维虚拟在钢结构项目管理中的应用[J]. 重庆大学学报, 2011, S1:80-83.
- [30]董春华. 虚拟现实技术在三维地学模拟研究中的应用[D]. 天津城市建设学院, 2008.
- [31]张京男. 三维可视化数字空间[D]. 同济大学, 2008.
- [32]李连崇, 梁正召, 夏英杰, 张永彬. 虚拟现实与数值模拟相结合的教学平台建设[J]. 高等建筑教育, 2014, 06:138-141.
- [33]袁向荣. 结构工程施工虚实结合技术研究的依据和意义[J]. 广州建筑, 2014, 06:3-10.
- [34]马喜宁. 虚拟现实技术在施工中的组织与管理[J]. 中国市场, 2015, 13:158-159.
- [35]许镇, 任爱珠, 张劲泉, 吕建鸣, 宋建永. 基于有限元分析和虚拟现实技术的桥梁垮塌场景模拟[J]. 公路交通科技, 2012, 05:41-45.
- [36]孟晶晶, 肖寅. 虚拟现实技术在施工组织与管理中的应用[J]. 市场研究, 2012, 08:66-67.
- [37]魏振华, 刘强. VR 技术在土木工程防灾中的应用[J]. 工程管理学报, 2016, 02:81-85.
- [38]党增明. 虚拟现实技术在城市地下空间可视化中的应用[D]. 天津城市建设学院, 2008.
- [39]陈正斌, 殷祥林. 桥梁施工虚拟现实技术[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2009, 01:26-28.
- [40]孟繁中, 徐勇, 高彤. 基于网格体系结构的系统仿真技术在结构工程中的应用[J]. 吉林建筑工程学院学报, 2009, 02:11-14.
- [41]陈亚东, 董春华, 王丽, 胡建平. 城市地下空间信息三维可视化技术的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2009, 01:201-204.
- [42]唐德兰, 高征伟, 刘丽. 虚拟现实技术在桥梁工程教学中的应用及发展[J]. 科学咨询(科技·管理), 2014, 01:111-112.
- [43]张云龙, 夏才初, 张国柱, 刘婷. 基于虚拟现实的公路隧道病害可视化管理系统[J]. 地下空间与工程学报, 2014, S1:1740-1745.

- [44]葛贝贝. 火力发电厂事故虚拟现实仿真及应急预案研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2009.
- [45]张博. 虚拟现实技术在结构分析中的应用[D]. 河北大学, 2011.
- [46]付朝阳. 市政工程项目建设三维虚拟动态管理技术研究[D]. 石家庄铁道大学, 2013.
- [47]刘强, 冯倩. AR/VR 与 GIS 在沿海城市灾害管理中的集成研究及应用[J]. 海洋地质前沿, 2016, 02:59-65.
- [48]姜慧娟, 张辉. 供热系统虚拟现实设计技术展望[J]. 能源研究与信息, 2000, 02:16-20.
- [49]李国成, 王靖涛. 虚拟现实技术用于复杂结构施工研究[J]. 土木工程学报, 2003, 02:95-99.
- [50]郑飞. 土木建筑工程中虚拟与现实的技术结合研究[J]. 艺术科技, 2014, 08:157+152.
- [51]杨明兴. 浅谈虚拟现实技术在土木工程中的应用[J]. 科技风, 2012, 06:65.
- [52]郑丹丹. 虚拟现实技术在建筑施工中的应用[J]. 科技信息(学术研究), 2008, 21:551-552.
- [53]D. Qiu and L. Gao, "Application of virtual reality technology in bridge structure safety monitoring," Computer and Information Application (ICCIA), 2010 International Conference on, Tianjin, 2010, pp. 465-467. (Qiu, Gao, 2010)
- [54]M. Shelbourn, G. Aouad and M. Hoxley, "An integrated virtual reality and case-based reasoning model for training in building pathology," Information Visualization, 1998. Proceedings. 1998 IEEE Conference on, London, 1998, pp. 44-49.
- [55]Z. Sampaio and L. Viana, "Educational model based on virtual reality: Simulation of the construction of a bridge deck," 2013 2nd Experiment@ International Conference (exp.at'13), Coimbra, 2013, pp. 52-57.
- [56]Z. Sampaio, P. G. Henriques and C. O. Cruz, "Interactive models used in Civil Engineering education based on virtual reality technology," 2009 2nd Conference on Human System Interactions, Catania, 2009, pp. 170-176.
- [57]Z. Sampaio and L. Viana, "Virtual Reality technology used as a learning tool in Civil Engineering training," 2014 7th International Conference on Human System Interactions (HSI), Costa da Caparica, 2014, pp. 156-161.
- [58]Z. Sampaio and L. Viana, "Virtual Reality used as a learning technology: Visual simulation of the construction of a bridge deck," 2013 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Lisboa, 2013, pp. 1-5.
- [59]F. Xu, X. Chen, A. Ren and X. Lu, "Earthquake disaster simulation for an urban area, with GIS, CAD, FEA, and VR integration" in Tsinghua Science and Technology, vol. 13, no. S1, pp. 311-316, Oct. 2008.

- [60]Gintaras Stauskis. ” Development of methods and practices of virtual reality as a tool for participatory urban planning: a case study of Vilnius City as an example for improving environmental, social and energy sustainability” *Energy, Sustainability and Society*, December 2014, 4:7.
- [61]Chen Yuan, Bih-Yaw Shih, Shih-Hesien Yu. ” Disaster prevention and reduction for exploring teachers’ technology acceptance using a virtual reality system and partial least squares techniques” .*Natural Hazards*, Vol 62, 2012:1217-1231.
- [62]Andreas, Schneider, Ruediger, Sandner, Dieter. Virtual reality (VR) and its application in civil engineering[J]. *Wilhelm Ernst & Sohn KG*, 1995(72):107-111
- [63]Antonya, Cs. 1, Talaba, D. 1 . Dynamic simulation of civil engineering structures in virtual reality environment[J]. *Multi-Body Dynamics: Monitoring and Simulation Techniques-III*, 2004:137-145.
- [64]Sampaio, Alcínia Z. 1 ,Henriques, Pedro G. 1 ,Ferreira, Pedro S. 1. Virtual reality models used in civil engineering education[J]. *Proceedings of the IASTED International Conference on Internet and Multimedia Systems and Applications*, 2006:119-124.
- [65]Sampaio, A. Z. 1, enriques, P. G. 1. The use of virtual reality models in Civil Engineering training[J]. *Proceedings of the International Symposium CompIMAGE 2006 - Computational Modelling of Objects Represented in Images: Fundamentals, Methods and Applications*, 2007:393-398.
- [66]Sampaio, Alcínia Z. 1, Henriques, Pedro G. 1, Cruz, Carlos O. 1. Interactive models used in Civil Engineering education based on Virtual Reality technology[C]. *Proceedings - 2009 2nd Conference on Human System Interactions*, 2009:170-176.
- [67]Sampaio, Alcínia Zital ,Viana, Luís 1. Virtual Reality technology used as a learning tool in Civil Engineering training[C]. *Proceedings - 2014 7th International Conference on Human System Interactions, HSI 2014*, p 156-161, 2014.
- [68]Qin, Yu-Ping. Application of virtual reality technology in civil engineering[J]. *International Journal of Engineering Education*, v 29, n 6, p 1331-1347, 2013.
- [69]Alcínia Z. Sampaio, Miguel M. Ferreira, Daniel P. Rosário, Octávio P. Martins. 3D and VR models in Civil Engineering education: Construction, rehabilitation and maintenance[J]. *Automation in Construction*, Volume 19, Issue 7, November 2010, Pages 819-828.